DOI:10.19789/j.1004-9398.2023.03.012
文献引用:宋冬梅.数学教学质量评估系统设计及算法改进分析[J].首都师范大学学报(自然科学版),2023,44(3):84-88. SONG D M. Design and algorithm improvement analysis of mathematics teaching quality evaluation system[J]. Journal of Capital Normal University(Natural Science Edition),2023,44(3):84-88.

数学教学质量评估系统设计及算法改进分析

宋 冬 梅*

(西北大学现代学院,陕西 西安 710130)

摘要:探讨改进误差反向传播(BP)算法对数学教学质量评估的优化问题。利用K-means聚类进行教学质量评估的数据收集,并确定样本的聚类中心。确定数学教学质量评估指标的权重和阀值,实现对教学质量评估的优化。MATLAB仿真结果显示:在0.1、0.01和0.001的误差条件下,改进BP算法对教学质量评估的准确性、评估效率均优于标准BP算法,与预期的教学质量目标基本一致。因此,改进BP算法可以准确地对数学教学质量进行评估,降低其他因素对教学质量评估结果的影响。

关键词:数学;教学质量评估;系统设计;算法改进
中图分类号:N945.2 **文献标识码**:A

Design and algorithm improvement analysis of mathematics teaching quality evaluation system

SONG Dongmei*

(Modern college of Northwest University, Xi'an Shaanxi 710130)

Abstract: This paper discusses the optimization problem of improved error back propagation (BP) algorithm for mathematics teaching quality evaluation. K-means clustering is used to collect data for teaching quality assessment, and the clustering center of samples is determined. The weight and threshold of mathematics teaching quality evaluation index are determined to optimize the teaching quality evaluation. MATLAB simulation results show that under the error conditions of 0.1, 0.01 and 0.001, the accuracy and efficiency of the improved BP algorithm for teaching quality evaluation are better than the standard BP algorithm, which is basically consistent with the expected teaching quality objectives. Therefore, the improved BP algorithm can accurately evaluate the teaching quality and reduce the influence of other factors on the teaching quality evaluation results.

Keywords: mathematics; evaluation of teaching quality; system design; algorithm to improve
CLC: N945.2 **DC**: A

0 引 言

数学是重要的基础学科之一。任玉丹[1]认为如何准确、客观地对数学教学质量进行评估,是目前各学校教师与领导者亟待解决的问题。数学教学质量评估先后经历了定性分析、定量分析和综合分

收稿日期:2021-12-16
* 通信作者:393417223@qq.com

析,主要方法为层次分析法、蚁群算法和遗传算法等。但是,各种算法对于数学教学质量的评估效果并不理想,这是由于评估数据与评估目标之间存在非参数性问题,无法通过单一的方法实现有效评估。有学者提出动态的教学质量评估方法,认为对误差反向传播(error back propagation,BP)算法数据集进行优化,增加输入与输出层之间的调节阀值,可以提高数学教学质量的评估准确性[2]。为此,本文对BP算法数据集优化与改进,拟设计出更加完善的数学教学质量评估系统,并利用仿真分析验证评价效果以期推动课堂教学评价并提供实践参考。

1 数学教学质量评估系统的数学描述

1.1 BP算法概述

数学教学质量评估是一个动态且复杂的问题,涉及到诸多因素,不仅与教学内容、教学规划和管理等方面密切相关,还与学生、教师、家长和管理者等其他主观因素密切相关,要进行全面地分析和论证。教学目标的实现是一个周期性的非稳定性随机过程,包括可控的客观因素(教学内容、教学方法和教学水平)、非可控的变动性因素(国家政策、教师和学生的态度)[3]。为了提高数学教学质量评估的准确性,国内外学者已经进行了大量的多因素研究,诸如回归分析方法、直接分析方法等,但都侧重于可控的客观因素,忽视了可控因素与非可控因素之间的耦合性,所以其评估结果与实际存在较大偏差。BP算法是模拟生物神经系统的广泛分布特点,对分析对象进行非系统性划分[4],通过各个划分点的自适性、自发性的特点,不断进行迭代与优化,形成相互制约、相互影响的动态神经网络。BP算法具有简化计算过程、评价客观和预测性强等优势,可以解决数学教学质量评估中的多指标问题。数学教学质量评估结果受多因素影响,且各因素之间相关关系复杂,难以准确划定因素间的界限,致使评估结果与预期目标存在偏差[5]。BP算法通过自身的输入层→隐含层→输出层,对数学教学质量评估中的指标进行层次划分,并利用z纵向的层次关系进行权重赋值,建立指标间的关系,构成综合的数学教学质量评估系统。

1.2 确定评估系统的输入指标

评估系统的输入指标分为2个方面,可控的客观因素和非可控的主观因素。可控的客观因素包括教学方法、业务水平和教学态度是数学教学质量评估中的3个维度,在教学内容、规划和管理等方面具有十分重要的作用,可以保证教学目标的实现[6-7]。首先,教学方法可以合理地进行教学内容选择、教学规划,并进行高水平的教学管理,帮助教学人员更加合理地选择教学内容,使得教学内容由浅入深[8-9],循序渐进;其次,业务水平可以更好地分配教学资源,发挥教学资源的整体优势,并提高教学内容、教学规划和管理之间的匹配准确度;最后,教学态度是教学内容、规划和管理之间的"润滑剂",发挥1+1>2的作用[10]。因此,3个维度可以更好地融合教学内容、规划和管理,是实现教学目标的保障。非可控因素包括家长和学生的态度。为了简化计算流程,将家长和学生的态度划入到家庭态度中,即非可控因素仅为家庭态度。本文以上述4项为输入指标,对数学教学质量进行为期24 d的监测分析。其中,教学方法(x_1)、业务水平(x_2)和教学态度(x_3)采用综合分析调查,即提问与选择问卷联合调查进行评分;家庭态度(x_4)以电话、QQ和微信访问进行评分。为了降低输入指标其他属性对计算结果的影响,要进行标准化处理,公式为

$$\begin{cases} C_{ij} = x_{ij} - \dfrac{\bar{x}_j}{\sqrt{s_{ij}}}, \\ \bar{x}_j = \dfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_{ij}, \\ s_{ij} = \dfrac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_{ij} - \bar{x}_j)^2, \end{cases} \tag{1}$$

式中:i为参数个数,j为参数取值频率,C_{ij}为x_{ij}处理后的量,$\bar{x}_j$为x_{ij}的平均值,s_{ij}为x_{ij}的方差,n为样本数。

2 K-means分类

为了保证计算结果的准确,简化数据收集过程,要进行K-means分类。由于数学教学中的各评价维度之间相互独立,并无显著相关性[11],所以本文采用指标划分的K-means分类。在进行数据采集过程中,每一项评价维度的前一时刻t_i与后一时刻t_{i+1}之间无显著的突发性改变,所以t_i与t_{i+1}的评价维度间存在相关性。因此,t_{i+1}的评估数来源于t_i的评价结果,以实现连续评估。K-means分类的依据为误差平方和聚类结果,其相似度的判断方法为欧式距离。其中,标准K-means分类存在中心P偏差大、各类样本k的均数不一致等问题,影响K-means分类的准确性。本文引入轮廓系数S_k的概念,对

K-means中各类的范围进行限制,提高分类的准确性和样本分类的相似性。其中,样本中心的计算公式为

$$\begin{cases} P(i)=\dfrac{p(i)-q(i)}{\max\{q(i),p(i)\}}, \\ P_k=\dfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}P(i), \end{cases} \tag{2}$$

式中:i为样本ID,$P(i)$为样本到所属聚类的平均距离,$p(i)$为i到非所属聚类中其他点距离的最小值,$q(i)$为样本i到所属聚类其他点的距离,P_k为样本的中心。求得每个样本的中心后,要计算整个数据集合的总评估结果P_E,其计算公式为

$$P_E=\sqrt{\sum_{k=1}^{m}\omega_k\ (P_k-\min(P_k))^2}\Big/k,k=1,2,\cdots,m, \tag{3}$$

式中:P_E为聚类k的平均中心与最小距离中心之间的欧式距离,代表数学教学质量最终评估结果;ω_k为第k个分类在整个样本中的权重,其和为1;P_k为不同聚类样本中心;$\min(P_k)$为聚类k的中心。将P_E的计算结果进行升序排列,选择最小值为初始聚类分析值。

3 数学教学质量评估系统构建

3.1 系统模型数学描述

标准BP算法中的梯度下降计算逻辑,会增加局部极值的出现量,影响结果的准确性和计算的收敛速度[12-13]。将K-means分类融入到BP算法中,构建数学教学质量评估系统,可以通过其中的轮廓系数S_k,限制BP算法过程中梯度下降方向(正、负),降低局部极值的出现率,提高计算的准确性[14-15]。权重w_k可以简化输入层(评估指标)→隐含层(评估标准)→输出层(评估结果)的过程,提高计算的速度[16-18]。假设数学教学质量评估系统中的输入层的评估指标向量$\boldsymbol{x}_r=(x_1,\cdots,x_m)^{\mathrm{T}}$,隐含层的评估标准向量$\boldsymbol{Y}_r=(Y_1,\cdots,Y_n)^{\mathrm{T}}$,输出层的评估结果向量$\boldsymbol{O}_r=(o_1,\cdots,o_l)^{\mathrm{T}}$,教学质量评估目标的期望向量$\boldsymbol{D}_r=(d_1,\cdots,d_l)^{\mathrm{T}}$。其中,输入层的评估指标向量与隐含层之间的权重为$w_{ik}$,轮廓系数$S_{ik}$;隐含层与输出层的评估标准向量之间权重为$w_{kj}$,轮廓系数$S_{kj}$,那么数学教学质量评估系统的数学模型为

$$\begin{cases} y_j=f\left[\sum_{i=1}^{m}(w_{ik}x_i+S_{ik})\right], \\ o_k=f\left[\sum_{j=1}^{p}(w_{kj}y_i+S_{kj})\right]。 \end{cases} \tag{4}$$

不同层之间的输出误差e为输出向量$\boldsymbol{O}$与期望向量$\boldsymbol{P}$之差,计算式为

$$e=\frac{1}{2}(\boldsymbol{D}-\boldsymbol{O})^2=\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{l}\left(d_k-f\left[\sum_{j=1}^{p}(w_{jk}y_i+b_{jk})\right]\right)^2=\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{l}\left(d_k-f\left[\sum_{j=1}^{p}(w_{jk}f\left[\sum_{i=1}^{m}(w_{ij}x_i+b_{ij})\right]+b_{jk})\right]\right)^2。 \tag{5}$$

使不同的输入向量得到不同的输出量值,这样神经网络所持有的那组权系数值和阈值,便是网络经过自适应学习所得到的正确内部表示。经过反复学习训练,确定与最小误差相对应的网络参数,训练即告停止。一旦神经网络训练完毕,即可作为低压台区线损预测的有效工具,对不同评价对象做出相应的综合判断。

3.2 指标归一化处理

由于数学教学质量评估指标的数据属性不同,要进行归一化处理,以降低数据属性对计算结果的影响[19-20]。本文采用数据投影的形式,将原始指标数据投影在区间(0,1),得到不同数据变化对教学质量评估的影响,其归一处理计算式为

$$d_i'=\alpha\frac{d_i-d_{\min}+\beta}{d_{\max}-d_{\min}+\beta}, \tag{6}$$

式中:d_i为教学质量评估数据,d_i'为d_i归一化处理后的结果;$d_{\min}$、$d_{\max}$为每个评估指标的最小、最大值。由于数据投影在区间(0,1),所以各指标的数值趋近且不能达到0和1。因此,$d_i'=d_{\max}$时,$\alpha\approx0.99$;当$d_i'=d_{\min}$时,$\beta\approx0$。

3.3 评估结果的误差分析

评估结果误差分为均方差E_m和相对误差百分数E_C,二者从定性和定量的角度进行误差评估,实现了计算结果的综合评价。具体计算式为

$$\begin{cases} E_m=\dfrac{\left[\sum_{i=1}^{n-1}(d_i-o_i)^2\right]}{n-1}, \\ E_C=\dfrac{o_i-d_i}{d_i}\times100\%。 \end{cases} \tag{7}$$

式中:E_m为估算值与实际值的差值,数学教学质量整体结果误差;o_i为d_i对应的聚类中心;E_C指标内样本间的误差百分数,反映指标的误差情况。

4 数学教学质量评估系统的验证

为了验证评估系统的有效性,本文通过MATLAB软件进行仿真分析。进行频率为200次的迭代分析,样本数N=100份,每项指标的评价分值为10分。假设数学教学质量理论评估结果与实际结果相一致,则取该指标的测定分值。如果理论值与实际值

不一致,则将该指标测定值变为0。其中,数据的误差值e设定为0.1、0.01、0.001。

4.1　样本K-means分类

以2019年6月3日—27日为时间段,4项输入指标计算结果如表1所示。通过上述分析可知,各输入变量的范围、总输入变量的范围相似度较高,并无显著性差异,K-means分类结果较优。确定整个数学教学质量评估系统的轮廓体系,确定分类数的最优取值。

表1　样本分类结果

类别	样本数	初始聚类中心				P_i
		x_1	x_2	x_3	x_4	
x_1	231	114.0	140.9	102.2	135.7	114.0
x_2	102	79.6	85.4	92.2	84.5	79.6
x_3	321	181.7	173.1	134.4	17.5	171.7
x_4	162	148.4	124.5	111.3	102.2	138.4
合计	816	552.7	523.9	549.5	544.1	552.7

注:x_1为教学方法;x_2为业务水平;x_3为教学态度;x_4为家庭态度;P_i为任意x_i对应的差异值。

先对816个样本进行归一化处理,将k由2递增到7,并计算不同k值下的轮廓系数,结果如表2所示。聚类数目k=5时,S_k系数最大,说明5等分下的聚类效果最高,所以本文选择k=5作为初始聚类数目,并对P_i进行5等分聚类。然后,计算数学教学质量评估结果P_E,并进行升序排列。结果显示:P_E最小值为0.812 4,最大值为10.232 3,确定其取值范围为0.812~10.232(注:本文精度选择为0.001,所以取小数点后3位)。

表2　不同k值下的轮廓系数

k值	w系数	k值	S_k
2	0.406	5	0.563
3	0.434	6	0.408
4	0.392	7	0.422

注:k为聚类数目;w为权重系数;S_k为轮廓系数。

4.2　数学教学质量评估结果误差计算

对数学教学质量的误差设置为0.1、0.01和0.001,并计算不同目标误差下的数学教学质量评估结果如表3所示。可知,随着样本指标数的增加,评估结果精度的叠加,计算的迭代次数由98次上升到123次,理论数据-实际数据的平均值精度与预设精度基本一致。相同数学教学质量评估内容,在不同指标数的情况下,其误差百分比变化较小,基本保持一致。在0.1~0.001的精度变化过程中,相同指标数量的计算准确率并未出现显著性降低。由此说明,本文构建的数学教学质量评估系统具有较好的收敛性。同时,本文构建的评估系统,并未随着检测精度、样本数量的增加,而出现计算时间延长的现象,说明系统具有较好得计算效率。

4.3　指标数、计算精度与计算时间的综合结果

以指标数、计算精度与计算时间为评价指标,对数学教学质量评估系统进行综合分析(图1),表明指标数为0~60个,计算精度>97.0%,计算时间控制在0~30 s。由此可知,数学教学质量指标数、计算精度和计算时间的综合评价结果符合要求,所构建的质量评估系统可以对实际的教学进行评估。

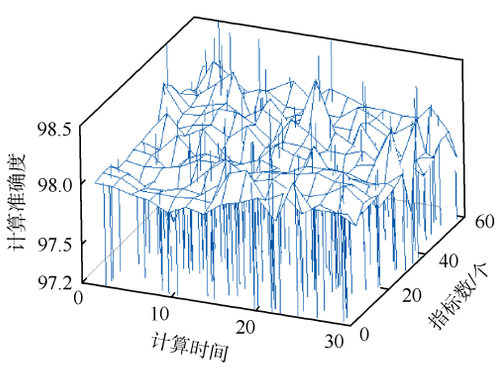


图1　数学教学质量评估的综合结果

通过对0~200次的迭代计算,可以得到计算准确度指标数和计算时间的变化值(图2),分析可知,迭代次数的增加,计算精度并未出现显著变化,仍然处于97.5%~98.5%,指标数一直保持在30个左右,计算时间保持在17 s左右。由此可知,本系统构建的综合评估结果良好,可以进行实际的数学教学质量评估。

表3　不同误差标准下的评估结果

误差标准	迭代次数	E_m	评价指标数									
			[0, 10)		[10, 20)		[20, 30)		[30, 40)		[40, +∞)	
			样本数	E_C/%	样本数	E_C/%	样本数	E_C/%	样本数	E_C/%	样本数	E_C/%
0.1	98	0.021	28.3	231	18.1	148	26.2	214	15.1	123	12.3	100
0.01	107	0.015	35.5	290	26.7	218	23.2	189	17.4	142	11.3	92
0.001	123	0.018	23.3	190	20.5	167	15.7	128	14.7	120	14.1	115

注:E_m为均方差;E_C为相对误差百分数。

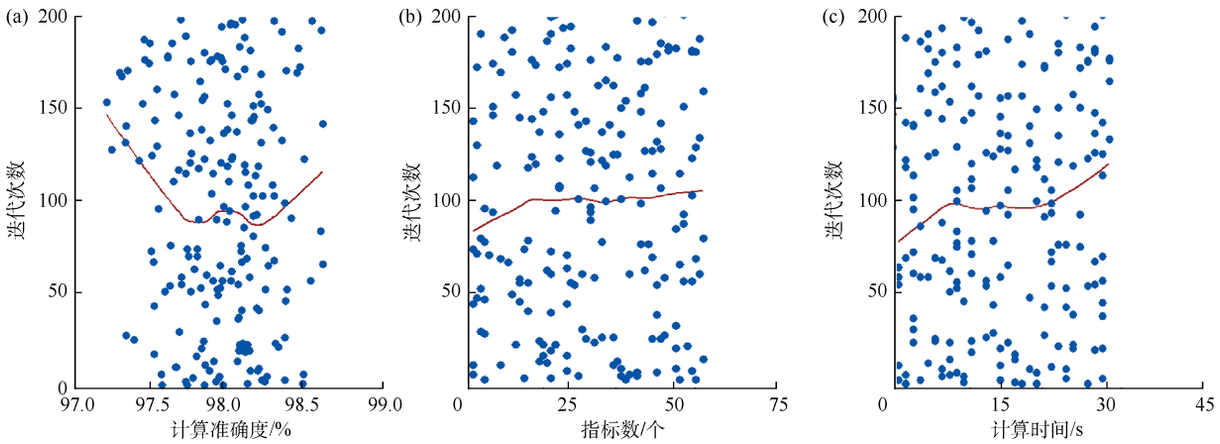


图2　迭代0~200次的计算结果

(a)计算精度;(b)指标数;(c)计算时间

5　结束语

本次研究提出了一种基于K-means、BP算法的数学教学质量评估系统,通过对样本数据进行聚类分析,简化计算过程。融入区域内轮廓系数、权重系数,保证算法能够向正向方向阶梯式计算,以提高计算的准确度。对收集的样本数据进行归一化处理,降低数据属性对评估结果的影响。利用MATLAB进行仿真分析,分析结果显示:在不同指标数的情况下,其误差百分比变化较小,基本保持一致,具有较好的收敛性。在0.1~0.001的精度变化过程中,相同指标数量的计算准确率并未出现显著性降低。指标数为0~60个,计算精度保持在97.0%以上,计算时间控制在0~30 s。在0~200次的迭代范围内,计算精度处于97.5%~98.5%,指标数一直保持在30个左右,计算时间保持在17 s左右。因此,本文构建的数学教学质量评估系统的综合评估结果良好,可以进行实际的数学教学质量评估。

参 考 文 献

[1] 任玉丹.数学课堂教学评估指标体系构建[J].教育科学研究,2021(11):33-39.

[2] 王燕,于美菊,贾如.基于改进AHP的教学质量评估方法[J].计算机教育,2018(2):156-160.

[3] 张小丽,李非.临床技能教学质量评估方法的综述与思考[J].中国卫生标准管理,2016,7(11):16-17.

[4] 梁军,侯迪波.适应新工科要求的教学质量评价体系构建和量化模型研究[J].现代教育科学,2022(1):123-130+137.

[5] 罗宇.数学公开课教学评价模型[J].数学学习与研究,2020(26):152-153.

[6] 李育阳.基于数据挖掘算法的高校教学质量评估模型设计[J].现代电子技术,2020,43(17):119-122.

[7] 郭超.院校教学质量评估系统设计与算法研究[J].电脑编程技巧与维护,2020(8):44-46.

[8] 王成理.高等数学教学质量评价的统计数学模型与Spss应用分析[J].当代教育实践与教学研究,2020(11):181-182.

[9] 郑凯,谢国坤,王娟娟,等.灰色模型在教师教学质量评价中的应用研究[J].现代信息科技,2020,4(10):117-119.

[10] 尚云峰.基于移动终端的网络教学质量分类化评估系统[J].安阳工学院学报,2019,18(6):56-59.

[11] 曾勋勋,陈飞,吕书龙,等.基于多源数据层次分析的数学课堂教学评价:以高等数学为例[J].高等理科教育,2019(5):44-49.

[12] 许世红,刘军民,王时舟,等.人工智能视域下课堂教学智慧评价:理论建构、模型支撑与技术实现[J].教育测量与评价,2022(2):56-65.

[13] 王雪琴.信息技术与初中数学教学的整合思考[J].当代家庭教育,2022(8):16-19.

[14] 倪晋龙.提升高等数学在线教学质量的策略与实践[J].黑龙江科学,2022,13(3):98-99.

[15] 张洛仪.基于大数据下的初中数学智慧教学策略分析[J].科学咨询(教育科研),2022(1):193-195.

[16] 吴清梅.浅析交互式电子白板在初中数学教学中的应用[J].基础教育论坛,2022(1):111-112.

[17] 宋丽雅.基于灰色关联分析的高职院校数学教学质量评价系统设计[J].广州城市职业学院学报,2021,15(4):35-38.

[18] 陈国戈.以信息化创新数学教学模式提升教学质量研究[J].数学教学通讯,2021(35):37-38.

[19] 陈亚囡.大数据背景下提升中职数学课堂教学质量的研究[J].数学学习与研究,2021(35):98-100.

[20] 于琴.利用信息技术提升小学数学课堂教学质量[J].中小学电教,2021(12):37-38.

(责任编辑:马田田)